

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/004148

International filing date: 03 March 2005 (03.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-059531
Filing date: 03 March 2004 (03.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 24 March 2005 (24.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

03.3.2005

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 3 月 3 日
Date of Application:

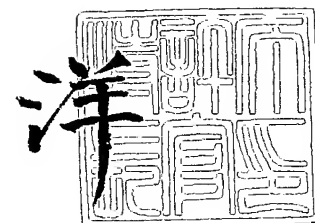
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 5 9 5 3 1
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 0 5 9 5 3 1]

出 願 人 日 本 電 気 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 1 月 1 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 4 - 3 1 0 5 4 9 9

【書類名】 特許願
【整理番号】 34403371
【提出日】 平成16年 3月 3日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G06T 7/60
G01B 11/00
G06T 7/00

【発明者】
【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
【氏名】 濱中 雅彦

【特許出願人】
【識別番号】 000004237
【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】
【識別番号】 100071272
【弁理士】
【氏名又は名称】 後藤 洋介

【選任した代理人】
【識別番号】 100077838
【弁理士】
【氏名又は名称】 池田 憲保

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 012416
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0018587

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

入力画像と 3 次元物体モデルを比較して物体の姿勢推定を行う物体姿勢推定システムにおいて、

少なくとも 1 つの姿勢候補を生成する姿勢候補決定手段と、

生成された姿勢候補に応じて、3 次元物体モデルを 2 次元の画像に射影しつつ入力画像に近い比較画像を生成する比較画像生成手段と、

生成された比較画像から鮮明度を反映した第 1 の鮮明度特徴量を抽出する第 1 の鮮明度特徴抽出手段と、

入力画像と比較画像の相違度に前記第 1 の鮮明度特徴量を加重した相違度を計算する加重相違度計算手段と、

計算された相違度が最小となる最適な姿勢を推定する判定手段と、
を備えたことを特徴とする物体姿勢推定システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の物体姿勢推定システムにおいて、

更に、入力画像から鮮明度を反映した第 2 の鮮明度特徴量を抽出する第 2 の鮮明度特徴抽出手段を備え、

前記加重相違度計算手段は、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第 2 の鮮明度特徴量と比較画像の第 1 の鮮明度特徴量の相違度を加重した相違度を計算する、
ことを特徴とする物体姿勢推定システム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の物体姿勢推定システムを用いた物体照合システムであって、

前記判定手段は更に、推定した最適姿勢の相違度の比較を行うことにより照合をも行うことを特徴とする物体照合システム。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の物体姿勢推定システムを用いた物体照合システムであって、

前記判定手段は更に、推定した最適姿勢の相違度の比較を行うことにより照合をも行うことを特徴とする物体照合システム。

【請求項 5】

入力画像と物体モデルを比較して物体の照合を行う物体照合システムにおいて、

物体モデルから入力画像に近い比較画像を生成する比較画像生成手段と、

生成された比較画像から鮮明度を反映した第 1 の鮮明度特徴量を抽出する第 1 の鮮明度特徴抽出手段と、

入力画像と比較画像の相違度に前記第 1 の鮮明度特徴量を加重した相違度を計算する加重相違度計算手段と、

計算された相違度の比較を行うことにより照合を行う手段と、
を備えたことを特徴とする物体照合システム。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の物体照合システムにおいて、

更に、入力画像から鮮明度を反映した第 2 の鮮明度特徴量を抽出する第 2 の鮮明度特徴抽出手段を備え、

前記加重相違度計算手段は、入力画像と比較画像の相違度に入力画像の第 2 の鮮明度特徴量と比較画像の第 1 の鮮明度特徴量の相違度を加重した相違度を計算する、
ことを特徴とする物体照合システム。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の物体姿勢推定システムにおいて、

前記相違度計算は、鮮明度が高い画像ほど加重が高くなることを特徴とする物体姿勢推定システム。

【請求項 8】

請求項 3 または 5 に記載の物体照合システムにおいて、

前記相違度計算は、鮮明度が高い画像ほど加重が高くなることを特徴とする物体照合システム。

【請求項 9】

請求項 1、2、7 のいずれかに記載の物体姿勢推定システムにおいて、
前記第 1、第 2 の鮮明度特徴量は、エッジ強度がしきい値以上の画素数の比率、輝度値の範囲、輝度値の分散、または特徴点数であることを特徴とする物体姿勢推定システム。

【請求項 10】

請求項 3、4、5、6、8 のいずれかに記載の物体照合システムにおいて、
前記第 1、第 2 の鮮明度特徴量は、エッジ強度がしきい値以上の画素数の比率、輝度値の範囲、輝度値の分散、または特徴点数であることを特徴とする物体照合システム。

【請求項 11】

請求項 2 に記載の物体姿勢推定システムにおいて、
前記第 1、第 2 の鮮明度特徴量は、エッジ画像、または特徴点であることを特徴とする物体姿勢推定システム。

【請求項 12】

請求項 4 または 6 に記載の物体照合システムにおいて、
前記第 1、第 2 の鮮明度特徴量は、エッジ画像、または特徴点であることを特徴とする物体照合システム。

【請求項 13】

入力画像と 3 次元物体モデルを比較して物体の姿勢推定を行う物体姿勢推定方法において、

少なくとも 1 つの姿勢候補を生成し、

生成された姿勢候補に応じて、3 次元物体モデルを 2 次元の画像に射影しつつ入力画像に近い比較画像を生成し、

生成された比較画像から鮮明度を反映した第 1 の鮮明度特徴量を抽出し、

入力画像と比較画像の相違度に第 1 の鮮明度特徴量を加重した相違度を計算し、相違度が最小となる最適な姿勢を推定する、
ことを特徴とする物体姿勢推定方法。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の物体姿勢推定方法において、

更に、入力画像から鮮明度を反映した第 2 の鮮明度特徴量を抽出し、

前記相違度計算は、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第 2 の鮮明度特徴量と比較画像の第 1 の鮮明度特徴量の相違度を加重した相違度を計算する、
ことを特徴とする物体姿勢推定方法。

【請求項 15】

請求項 13 に記載の物体姿勢推定方法を用いた物体照合方法であって、

更に、最適姿勢の相違度の比較を行うことにより照合を行う、
ことを特徴とする物体照合方法。

【請求項 16】

請求項 14 に記載の物体姿勢推定方法を用いた物体照合方法であって、

更に、最適姿勢の相違度の比較を行うことにより照合を行う、
ことを特徴とする物体照合方法。

【請求項 17】

入力画像と物体モデルを比較する物体相違度計算方法において、

物体モデルから入力画像に近い比較画像を生成し、

生成された比較画像から鮮明度を反映した第 1 の鮮明度特徴量を抽出し、

入力画像と比較画像の相違度に第 1 の鮮明度特徴量を加重した相違度を計算する、
ことを特徴とする物体相違度計算方法。

【請求項 18】

請求項 17 の物体相違度計算方法において、

更に、入力画像から鮮明度を反映した第2の鮮明度特徴量を抽出し、
前記相違度計算は、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第2の鮮明度特徴量と
比較画像の第1の鮮明度特徴量の相違度を加重した相違度を計算する、
ことを特徴とする物体相違度計算方法。

【請求項19】

請求項17に記載の物体相違度計算方法を用いた物体照合方法であって、
更に、相違度の比較を行うことにより照合を行う、
ことを特徴とする物体照合方法。

【請求項20】

請求項18に記載の物体相違度計算方法を用いた物体照合方法であって、
更に、相違度の比較を行うことにより照合を行う、
ことを特徴とする物体照合方法。

【請求項21】

請求項13に記載の物体姿勢推定方法において、
前記相違度計算は、鮮明度が高い画像ほど加重が高くなる、
ことを特徴とする物体姿勢推定方法。

【請求項22】

請求項15または19に記載の物体照合方法において、
前記相違度計算は、鮮明度が高い画像ほど加重が高くなる、
ことを特徴とする物体照合方法。

【請求項23】

請求項13、14、21のいずれかに記載の物体姿勢推定方法において、
前記第1、第2の鮮明度特徴量は、エッジ強度がしきい値以上の画素数の比率、輝度値
の範囲、輝度値の分散、または特徴点数である、
ことを特徴とする物体姿勢推定方法。

【請求項24】

請求項15、16、19、20、22のいずれかに記載の物体照合方法において、
前記第1、第2の鮮明度特徴量は、エッジ強度がしきい値以上の画素数の比率、輝度値
の範囲、輝度値の分散、または特徴点数である、
ことを特徴とする物体照合方法。

【請求項25】

請求項14に記載の物体姿勢推定方法において、
前記第1、第2の鮮明度特徴量は、エッジ画像、または特徴点である、
ことを特徴とする物体姿勢推定方法。

【請求項26】

請求項16または20に記載の物体照合方法において、
前記第1、第2の鮮明度特徴量は、エッジ画像、または特徴点である、
ことを特徴とする物体照合方法。

【請求項27】

入力画像と3次元物体モデルを比較して物体の姿勢推定を実行する物体姿勢推定プログラ
ムにおいて、
少なくとも1つの姿勢候補を生成する姿勢候補決定処理と、
生成された姿勢候補に応じて、3次元物体モデルを2次元の画像に射影しつつ入力画像
に近い比較画像を生成する比較画像生成処理と、
生成された比較画像から鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を抽出する第1の鮮明度
特徴抽出処理と、
入力画像と比較画像の相違度に第1の鮮明度特徴量を加重した相違度を計算する加重相
違度計算処理と、
計算された相違度が最小となる最適な姿勢を推定する姿勢推定処理と、
を実行することを特徴とする物体姿勢推定プログラム。

【請求項 28】

請求項 27 に記載の物体姿勢推定プログラムにおいて、
更に、入力画像から鮮明度を反映した第 2 の鮮明度特徴量を抽出する第 2 の鮮明度特徴抽出処理を実行し、

前記加重相違度計算処理は、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第 2 の鮮明度特徴量と比較画像の第 1 の鮮明度特徴量の相違度を加重した相違度を計算する、
ことを特徴とする物体姿勢推定プログラム。

【請求項 29】

請求項 27 に記載の物体姿勢推定プログラムを用いた物体照合プログラムであって、
前記姿勢推定処理は更に、最適姿勢の相違度の比較を行うことにより照合をも行う、
ことを特徴とする物体照合プログラム。

【請求項 30】

請求項 28 に記載の物体姿勢推定プログラムを用いた物体照合プログラムであって、
前記姿勢推定処理は更に、最適姿勢の相違度の比較を行うことにより照合をも行う、
ことを特徴とする物体照合プログラム。

【請求項 31】

入力画像と物体モデルを比較して物体の照合を行う物体照合プログラムにおいて、
物体モデルから入力画像に近い比較画像を生成する比較画像生成処理と、
生成された比較画像から鮮明度を反映した第 1 の鮮明度特徴量を抽出する第 1 の鮮明度特徴抽出処理と、

入力画像と比較画像の相違度に第 1 の鮮明度特徴量を加重した相違度を計算する加重相違度計算処理と、

計算された相違度の比較を行うことにより照合を行う照合処理と、
を実行することを特徴とする物体照合プログラム。

【請求項 32】

請求項 31 に記載の物体照合プログラムにおいて、
更に、入力画像から鮮明度を反映した第 2 の鮮明度特徴量を抽出する第 2 の鮮明度特徴抽出処理を実行し、

前記加重相違度計算処理は、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第 2 の鮮明度特徴量と比較画像の第 1 の鮮明度特徴量の相違度を加重した相違度を計算する、
ことを特徴とする物体照合プログラム。

【請求項 33】

請求項 27 に記載の物体姿勢推定プログラムにおいて、
前記相違度計算は、鮮明度が高い画像ほど加重が高くなる、
ことを特徴とする物体姿勢推定プログラム。

【請求項 34】

請求項 29 または 31 に記載の物体照合プログラムにおいて、
前記相違度計算は、鮮明度が高い画像ほど加重が高くなる、
ことを特徴とする物体照合プログラム。

【請求項 35】

請求項 27、28、33 のいずれかに記載の物体姿勢推定プログラムにおいて、
前記第 1、第 2 の鮮明度特徴量は、エッジ強度がしきい値以上の画素数の比率、輝度値の範囲、輝度値の分散、または特徴点数である、
ことを特徴とする物体姿勢推定プログラム。

【請求項 36】

請求項 29、30、31、32、34 のいずれかに記載の物体照合プログラムにおいて、
前記第 1、第 2 の鮮明度特徴量は、エッジ強度がしきい値以上の画素数の比率、輝度値の範囲、輝度値の分散、または特徴点数である、
ことを特徴とする物体照合プログラム。

【請求項 3 7】

請求項 2 8 に記載の物体姿勢推定プログラムにおいて、
前記第 1、第 2 の鮮明度特徴量は、エッジ画像、または特徴点である、
ことを特徴とする物体姿勢推定プログラム。

【請求項 3 8】

請求項 3 0 または 3 2 に記載の物体照合プログラムにおいて、
前記第 1、第 2 の鮮明度特徴量は、エッジ画像、または特徴点である、
ことを特徴とする物体照合プログラム。

【書類名】明細書

【発明の名称】物体姿勢推定・照合システム及び物体姿勢推定・照合方法並びにそのためのプログラム

【技術分野】

【0001】

本発明は物体姿勢推定・照合システム及び物体姿勢推定・照合方法並びにそのためのプログラムに関し、様々な姿勢や照明の条件下で撮影された物体の画像を物体モデルと照合し、物体の姿勢推定や照合を行うシステム及び方法並びにプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来の姿勢推定システムの一例が、特許文献1に記載されている（以下、従来技術と称する）。図14に示すように、この従来の姿勢推定システムは、画像入力手段10と、3次元物体モデル記憶部45と、姿勢推定手段25とから構成されている。姿勢推定手段25は、姿勢候補決定手段30と、比較画像生成手段40と、相違度計算手段55と、判定手段56とを含む。

【0003】

このような構成を有する従来の姿勢推定システムは次のように動作する。3次元物体モデル記憶部45には、物体を計測して生成した3次元物体モデルが予め記憶されている。姿勢推定手段25は、画像入力手段10より得られる入力画像と3次元物体モデル記憶部45より得られる3次元物体モデルとを比較することにより姿勢推定を行う。

【0004】

具体的には、最初に姿勢候補決定手段30が少なくとも1つの姿勢候補を生成する。比較画像生成手段40は、生成された姿勢候補に応じて、3次元物体モデルを2次元の画像に射影しつつ照明条件などが入力画像に近い比較画像を生成する。相違度計算手段55は、画像入力手段10からの入力画像と比較画像生成手段40からの比較画像とを比較し、判定手段56は入力画像に最も近い比較画像を選出して最適な姿勢を推定する。推定結果は、判定手段56から出力される。

【0005】

【特許文献1】特開2003-058896号公報（図9）

【特許文献2】特開2001-12925号公報

【特許文献3】特開平9-91436号公報

【特許文献4】特開2001-283229号公報

【非特許文献1】「顔特徴点の自動抽出と追跡」（稲田ら）2001年1月、電子情報通信学会信学技報、PRMU2000-161

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記の従来技術には、以下のような問題点がある。推定された姿勢が合っていない場合や、対象となる3次元物体モデルの物体と入力画像の物体が異なっている場合でも、入力画像と比較画像の相違度が十分小さくなり（または類似度が十分大きくなり）、誤った姿勢推定や照合結果を生じることがある。

【0007】

その理由は、従来技術では、3次元物体モデルから入力画像に最も近い比較画像を生成し、その画像同士の比較のみにより比較画像を選出し姿勢推定を行っているためである。つまり、姿勢が合っていない場合、入力画像と同程度の鮮明度の比較画像が生成されるとエッジ部等の位置が異なるため比較的相違度は高いが、鮮明度の低い比較画像が生成されると比較画像のエッジ部の誤差が低減される。この場合、画像同士の相違度は比較的小さくなり、多少のノイズ等により誤った姿勢の相違度が最も小さくなる可能性がある。また、物体の照合は、各3次元物体モデルから求められた最適な比較画像と入力画像との相違度が最も小さい物体を選出することにより実行されるが、同様に画像同士の比較のみにより相

違度を求めると、誤った物体の場合でも相違度が十分小さくなるためである。

【0008】

本発明の課題は、様々な姿勢や照明の条件下で撮影された物体の画像に対して、高精度に姿勢推定や照合ができる物体姿勢推定・照合システム及び物体姿勢推定・照合方法を提供することにある。

【0009】

本発明はまた、様々な照明の条件下で撮影された物体の画像に対して、高精度に照合ができる物体照合システム及び物体照合方法を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】**【0010】**

本発明の第1の態様によれば物体姿勢推定・照合システムが提供される。物体姿勢推定・照合システムは、少なくとも1つの姿勢候補を生成する姿勢候補決定手段(図1の30)と、生成された姿勢候補に応じて、3次元物体モデルを2次元の画像に射影しつつ入力画像に近い比較画像を生成する比較画像生成手段(図1の40)と、生成された比較画像から鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を抽出する第1の鮮明度特徴抽出手段(図1の60)と、入力画像と比較画像の相違度に第1の鮮明度特徴量を加重した相違度を計算する加重相違度計算手段(図1の50)と、計算された相違度が最小となる最適な姿勢を推定し、更に最適姿勢の相違度の比較を行うことにより照合を行う判定手段(図1の52)とを備え、入力画像と3次元物体モデルを比較して物体の姿勢推定・照合を行うよう動作する。

【0011】

このような構成を採用し、姿勢や物体が合っていない場合には大きな相違度が生じやすくすることにより、本発明の課題を達成することができる。

【0012】

本発明の第2の態様による物体姿勢推定・照合システムは、上記第1の態様の物体姿勢推定・照合システムに更に、入力画像から鮮明度を反映した第2の鮮明度特徴量を抽出する第2の鮮明度特徴抽出手段(図8の61)を備え、前記加重相違度計算手段(図1の50)に代えて、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第2の鮮明度特徴量と比較画像の第1の鮮明度特徴量の相違度を加重した相違度を計算する加重相違度計算手段(図8の51)を備える。

【0013】

このような構成を採用し、姿勢や物体が合っていない場合には大きな相違度が生じやすくすることにより、本発明の課題を達成することができる。

【0014】

本発明の第3の態様によれば物体照合システムが提供される。物体照合システムは、物体モデルから入力画像に近い比較画像を生成する比較画像生成手段(図10の41)と、生成された比較画像から鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を抽出する第1の鮮明度特徴抽出手段(図10の60)と、入力画像と比較画像の相違度に第1の鮮明度特徴量を加重した相違度を計算する加重相違度計算手段(図10の50)と、計算された相違度の比較を行うことにより照合を行う判定手段(図10の54)とを備え、入力画像と物体モデルを比較して物体の照合を行うよう動作する。

【0015】

このような構成を採用し、物体が合っていない場合には大きな相違度が生じやすくすることにより、本発明の課題を達成することができる。

【0016】

本発明の第4の態様による物体照合システムは、上記第3の態様による物体照合システムに更に、入力画像から鮮明度を反映した第2の鮮明度特徴量を抽出する第2の鮮明度特徴抽出手段(図12の61)を備え、前記加重相違度計算手段(図10の50)に代えて、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第2の鮮明度特徴量と比較画像の第1の鮮明度特徴量の相違度を加重した相違度を計算する加重相違度計算手段(図12の51)を

備える。

【0017】

このような構成を採用し、物体が合っていない場合には大きな相違度が生じやすくすることにより、本発明の課題を達成することができる。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、以下の効果が得られる。

【0019】

様々な姿勢や照明の条件下で撮影された物体の画像に対して、高精度に姿勢推定や照合ができる。その第1の理由は、物体モデルから生成された比較画像から鮮明度を反映する第1の鮮明度特徴量を抽出して、相違度計算に付加することにより、姿勢や物体が合っていない場合には大きな相違度が生じやすくなるためである。比較画像を生成した物体モデルが入力画像と同じ物体であり、かつ推定姿勢が合っている場合、生成される比較画像は鮮明な画像となることが期待される。このため、鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を相違度計算に用いることにより、姿勢推定や照合精度が向上する。

【0020】

第2の理由は、比較画像と入力画像からそれぞれ鮮明度を反映する第1、第2の鮮明度特徴量を抽出して相違度計算に付加することにより、同様に姿勢や物体が合っていない場合には大きな相違度が生じやすくなるためである。比較画像を生成した物体モデルが入力画像と同じ物体であり、かつ推定姿勢が合っている場合、生成される比較画像の鮮明度は入力画像の鮮明度に近くなることが期待される。このため、鮮明度を反映した第1、第2の鮮明度特徴量を相違度計算に用いることにより、姿勢推定や照合精度が向上する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

本発明を幾つかの実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0022】

図1は、本発明による物体姿勢推定・照合システムの第1の実施の形態を示す。図1において、図14で説明した要素と同じ要素には同一番号を付している。物体姿勢推定・照合システムは、画像入力手段10と、3次元物体モデル記憶部45と、姿勢推定・照合手段20とから構成されている。姿勢推定・照合手段20は、姿勢候補決定手段30と、比較画像生成手段40と、鮮明度特徴抽出手段（第1の鮮明度特徴抽出手段）60と、加重相違度計算手段50と、判定手段52とを含む。

【0023】

これらの手段はそれぞれ概略次のように動作する。

【0024】

3次元物体モデル記憶部45には、各物体の3次元物体モデルが予め記憶されている。3次元物体モデルは、例えば特許文献2に記載された3次元形状測定装置を用いたり、特許文献3に記載された多数のカメラで撮影された複数画像から3次元形状を復元する装置を用いることにより生成することができる。

【0025】

姿勢推定・照合手段20は、画像入力手段10より得られる入力画像と3次元物体モデル記憶部45より得られる3次元物体モデルとを比較することにより姿勢推定・照合を行う。

【0026】

具体的には、姿勢候補決定手段30は、最初に少なくとも1つの姿勢候補を生成する。比較画像生成手段40は、画像入力手段10から入力画像を受ける。比較画像生成手段40はまた、生成された姿勢候補に応じて、3次元物体モデル記憶部45より得られる3次元物体モデルを2次元の画像に射影しつつ照明条件などが入力画像に近い比較画像を生成する。鮮明度特徴抽出手段60は、生成された比較画像から鮮明度を反映した特徴量を鮮明度特徴（以下、第1の鮮明度特徴量と呼ぶ）として抽出する。加重相違度計算手段50

は、画像入力手段10からの入力画像と比較画像生成手段40で生成された比較画像の相違度に第1の鮮明度特徴量を加重した相違度を計算する。判定手段52は、計算された相違度に基づいて入力画像に最も近い（つまり、最小相違度）比較画像を選出することにより最適な姿勢を推定する。なお、判定手段52は、1つの物体（3次元物体モデル）との照合処理（1対1照合）を行う場合は、最小相違度とあらかじめ設定されているしきい値とを比較して、同一物体であるか否かを判定する。一方、複数の3次元物体モデルから入力画像に最も近い物体を検索する処理（1対N照合）の場合は、判定手段52は、最小相違度の最も小さい3次元物体モデルを選出する。

【0027】

次に、図1及び図2を参照して第1の実施の形態の姿勢推定における全体の動作について詳細に説明する。ここでは、入力画像と3次元物体モデル C_k とを比較する場合について説明する。

【0028】

まず、画像入力手段10により入力画像が得られる（図2のステップ100）。次に、姿勢候補決定手段30において、姿勢候補 $\{e_j\}$ を決定する（ステップ110）。次に、比較画像生成手段40は、決定された姿勢候補 $\{e_j\}$ に応じて、3次元物体モデル C_k を2次元の画像に射影しつつ入力画像に近い比較画像を生成する（ステップ120）。次に、鮮明度特徴抽出手段60は、生成された比較画像から鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を抽出する（ステップ130）。加重相違度計算手段50は、第1の鮮明度特徴量を用い、入力画像と生成された比較画像との加重相違度 $D^{(1)}_{kj}$ を計算する（ステップ140）。判定手段52は、最小相違度となる比較画像を選出することにより、最適な姿勢 e_j を求める（ステップ150）。ここで、決定した姿勢候補 e_j の中から相違度の最も小さい姿勢候補を選択しているが、姿勢候補決定手段30に戻って順次姿勢候補を変動させながら、相違度の最も小さい姿勢候補を探索してもよい。

【0029】

次に、図1及び図3を参照して第1の実施の形態の1対1照合における全体の動作について詳細に説明する。

【0030】

図3のステップ100から150は、図2におけるステップ100から150と同一の処理である。ステップ150に続く最後のステップ165において、判定手段52は、最小相違度 D_k とあらかじめ決められたしきい値とを比較して、同一物体であるか否かを判定する。

【0031】

次に、図1及び図4を参照して第1の実施の形態の1対N照合における全体の動作について詳細に説明する。

【0032】

まず、画像入力手段10により入力画像が得られる（ステップ100）。次に、判定手段52は、3次元物体モデルのモデル番号を $k=1$ とする（ステップ160）。ステップ110から150は、図2におけるステップ110から150と同一の処理である。ステップ150の後に、判定手段52は、モデル番号 k を1増やし（ステップ161）、ステップ162においてモデル番号 k があらかじめ決められたモデル数 M に達したかどうかを判別する。モデル番号 k がモデル数 M 以下の場合は、ステップ110に戻り、ステップ110から150が実行されることによりモデル番号 $(k+1)$ の3次元物体モデルの最小相違度が計算される。ステップ162においてモデル番号 k がモデル数 M に達していれば、ステップ163に移行し、判定手段52は最小相違度の最も小さい3次元物体モデル C_k を照合結果として出力する。

【0033】

次に、第1の実施の形態の効果について説明する。

【0034】

第1の実施の形態では、3次元物体モデルから生成された比較画像の鮮明度を反映した

第1の鮮明度特徴量を、入力画像と比較画像との相違度計算に加重するように構成されている。このため、姿勢や物体が合っていない場合には大きな相違度が生じやすくなり、高精度に姿勢推定や照合ができる。

【0035】

次に、具体的な実施例を用いて第1の実施の形態の姿勢推定における動作を説明する。なお、本実施例では、人物の顔を例として説明するが、他の物体にも適用できることは言うまでも無い。

【0036】

3次元物体モデル記憶部45には、図5に示すように、物体kの3次元物体モデルが記憶されている。ここで、3次元物体モデルは、物体表面の3次元空間(x, y, z)内での形状P_Q(x, y, z)とテクスチャT_Q(R, G, B)を情報として持っている。Qは物体表面上の点のインデックスを表し、例えば物体の重心を中心とした球体へ物体表面上の点を重心から射影した点Q(s, t)の座標に対応している。照合の効率化のために、予め3次元物体モデルから様々な照明条件による学習用CG画像をコンピュータグラフィックスにより生成し、当該学習用CG画像を主成分分析することにより基底画像群を求めておく。

【0037】

まず、画像入力手段10により図6に示すような入力画像I(r)が得られる(図2のステップ100)。ここで、rは画素を表す。

【0038】

次に、姿勢候補決定手段30において、姿勢候補{e_j}を決定する(ステップ110)。姿勢候補{e_j}は、入力画像に関係なく予め設定しておいてもよいが、以下のようにしてもよい。例えば、入力画像および3次元物体モデルから目・鼻・口などの特徴点を手動または自動で抽出し、特許文献3に記載された物体の位置および向きを計算する方法によりおおよその姿勢を推定し、推定された姿勢の近辺で姿勢候補{e_j}を生成することができる。

【0039】

次に、比較画像生成手段40は、生成された姿勢候補{e_j}に応じて3次元物体モデルを2次元の画像に射影しつつ入力画像の照明条件に近い比較画像G_{kj}(r)を生成する(ステップ120)。ここで、入力画像の照明条件に近い比較画像の生成は、予め求めておいた基底画像群を各姿勢候補に基づいて座標変換し、当該座標変換した基底画像の線形和が当該入力画像に近くなるように、線形和の係数を最小二乗法で求めることにより実現できる。図6の入力画像に対して生成された比較画像の例を図7に示すが、濃淡情報は図示していない。

【0040】

次に、鮮明度特徴抽出手段60は、比較画像G_{kj}(r)から鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量S_{kj}を抽出する(ステップ130)。鮮明度特徴量は、画像の輝度(色)の変化の度合いを表す量である。例えば、画像G(r)の第1の鮮明度特徴量Sは、画像G(r)のエッジ画像G'(r)におけるエッジ強度がしきい値以上である画素数N_eの全画素数Nに対する割合N_e/Nで定義できる。なお、第1の鮮明度特徴量Sは、画像のコントラスト(輝度値の範囲)や輝度値の分散などを用いて表しても良い。

【0041】

次に、加重相違度計算手段50は、第1の鮮明度特徴量S_{kj}を用いて、入力画像I(r)と比較画像G_{kj}(r)との加重相違度D⁽¹⁾_{kj}を求める(ステップ140)。加重相違度は、比較画像から抽出された第1の鮮明度特徴量が大きい場合に相違度が小さくなるように設定される。例えば、入力画像I(r)と比較画像G_{kj}(r)との相違度D⁽⁰⁾_{kj}にユークリッド距離を用いる場合、以下の式により計算される。

【0042】

$$D^{(0)}_{kj} = \sum_r \{I(r) - G_{kj}(r)\}^2$$

また、加重相違度D⁽¹⁾_{kj}は、以下の式により計算される。

【0043】

$D^{(1)}_{kj} = D^{(0)}_{kj} / \{1 + a S_{kj}\}$ (但し、 a は重み係数)

次に、判定手段52は、最小相違度 $D^{(1)}_k = \min_j D^{(1)}_{kj}$ となる比較画像を選出することにより、最適な姿勢 e_j を求める(ステップ150)。

【0044】

例えば、図7の場合、姿勢 e_1 (比較画像 G_{k1})が最適姿勢である。ここで、各比較画像と入力画像の相違度 $D^{(0)}_{kj}$ がノイズ等により $D^{(0)}_{kj} = \{100, 95, 120\}$ となった場合でも、各比較画像の第1の鮮明度特徴量 S_{kj} が $S_{kj} = \{0.5, 0.3, 0.2\}$ となったとすると、加重相違度 $D^{(1)}_{kj}$ は $a=1$ の場合 $D^{(1)}_{kj} = \{67, 73, 100\}$ となる。その結果、比較画像 G_{k1} が選出され、 e_1 が最適姿勢となる。

【0045】

なお、上記の説明は、物体姿勢推定・照合システムとして適用する場合であるが、照合を行わない物体姿勢推定システムあるいは姿勢推定を伴わない物体照合システムとしての適用も可能であることは言うまでも無い。これは後述される第2の実施の形態においても同様である。

【0046】

次に、本発明の第2の実施の形態について詳細に説明する。

【0047】

図8を参照して、本発明の第2の実施の形態は、画像入力手段10と、第2の鮮明度特徴抽出手段61と、3次元物体モデル記憶部45と、姿勢推定・照合手段21とから構成されている。姿勢推定・照合手段21は、姿勢候補決定手段30と、比較画像生成手段40と、鮮明度特徴抽出手段60と、加重相違度計算手段51と、判定手段52とを含む。

【0048】

画像入力手段10と、3次元物体モデル記憶部45と、姿勢候補決定手段30と、比較画像生成手段40と、鮮明度特徴抽出手段60は、図1で説明したのと同じ処理を実行する。

【0049】

第2の鮮明度特徴抽出手段61は、画像入力手段10より得られる入力画像の鮮明度を反映した第2の鮮明度特徴量を抽出する。

【0050】

姿勢推定・照合手段21は、画像入力手段10より得られる入力画像と第2の鮮明度特徴抽出手段61より得られる入力画像の第2の鮮明度特徴量とを用い、3次元物体モデル記憶部45より得られる3次元物体モデルと比較することにより姿勢推定・照合を行う。

【0051】

具体的には、姿勢候補決定手段30は、少なくとも1つの姿勢候補を生成する。比較画像生成手段40は、生成された姿勢候補に応じて、3次元物体モデルを2次元の画像に射影しつつ照明条件などが入力画像に近い比較画像を生成する。鮮明度特徴抽出手段60は、生成された比較画像から第1の鮮明度特徴量を抽出する。加重相違度計算手段51は、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第2の鮮明度特徴量と比較画像の第1の鮮明度特徴量の相違度を加重した相違度を計算する。判定手段52は、計算された相違度に基づいて入力画像に最も近い(つまり、最小相違度)比較画像を選出することにより最適な姿勢を推定する。なお、判定手段52は、1対1照合の場合は、最小相違度としきい値を比較して、同一物体であるか否かを判定する。一方、1対N照合の場合は、判定手段52は、最小相違度の最も小さい3次元物体モデルを選出する。

【0052】

次に、図8及び図9を参照して第2の実施の形態の姿勢推定における全体の動作について詳細に説明する。なお、1対1照合における動作の場合、図9のステップ151の後に図3のステップ165が実行される。一方、1対N照合における動作の場合、図9のステップ110の前に図4のステップ160が実行され、図9のステップ151の後に図4の

ステップ161から163が実行されることになる。それ故、図9のステップ151以降の動作説明は省略する。

【0053】

まず、画像入力手段10により入力画像が得られる(図9のステップ100)。次に、第2の鮮明度特徴抽出手段61は、入力画像の第2の鮮明度特徴量を抽出する(ステップ101)。次に、姿勢候補決定手段30において、姿勢候補 $\{e_j\}$ を決定する(ステップ110)。次に、比較画像生成手段40は、決定された姿勢候補に応じて、3次元物体モデル C_k を2次元の画像に射影しつつ入力画像に近い比較画像を生成する(ステップ120)。次に、鮮明度特徴抽出手段60は、生成された比較画像から第1の鮮明度特徴量を抽出する(ステップ130)。加重相違度計算手段51は、入力画像と生成された比較画像および入力画像の第2の鮮明度特徴量と比較画像の第1の鮮明度特徴量を用いた加重相違度 $D^{(2)}_{kj}$ を求める(ステップ141)。

【0054】

例えば、入力画像と比較画像の相違度を $D^{(0)}_{kj}$ 、入力画像の第2の鮮明度特徴量と比較画像の第1の鮮明度特徴量の相違度を $D^{(e)}_{kj}$ とした場合、加重相違度 $D^{(2)}_{kj}$ は以下の式で計算される。

【0055】

$$D^{(2)}_{kj} = D^{(0)}_{kj} + b D^{(e)}_{kj} \quad (\text{但し、} b \text{ は重み係数})$$

第1、第2の鮮明度特徴量の相違度は、ユークリッド距離等により計算できる。判定手段52は、最小相違度となる比較画像を選出することにより、最適な姿勢 e_j を求める(ステップ151)。

【0056】

次に、第2の実施の形態の効果について説明する。

【0057】

第2の実施の形態では、入力画像の第2の鮮明度特徴量と比較画像の第1の鮮明度特徴量の相違度を入力画像と比較画像の相違度計算に加重するように構成されている。このため、姿勢や物体が合っていない場合には大きな相違度が生じやすくなり、高精度に姿勢推定や照合ができる。

【0058】

次に、本発明の第3の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0059】

図10を参照して、本発明の第3の実施の形態は、画像入力手段10と、物体モデル記憶部46と、照合手段22とから構成されている。照合手段22は、比較画像生成手段41と、鮮明度特徴抽出手段60と、加重相違度計算手段50と、判定手段54とを含む。

【0060】

第3の実施の形態は、物体の姿勢変動が少ない場合の照合を考慮して、第1の実施の形態における姿勢候補決定手段30を省略した例である。物体の姿勢変動が少ない場合の照合というのは、例えば物体を正面から撮影した画像のみについて照合を行う場合である。

【0061】

画像入力手段10と、鮮明度特徴抽出手段60は、図1に示したものと同一処理を実行する。

【0062】

物体モデル記憶部46には、各物体の物体モデルが予め記憶されている。物体モデルは、物体を撮影した時の様々な画像変動の情報を含む。例えば、各物体の様々な照明条件での正面顔画像を予め用意し、当該正面顔画像を主成分分析することにより基底画像群を求めておけば、比較画像生成手段41において、当該基底画像群の合成により入力画像に近い比較画像を生成することができる。

【0063】

照合手段22は、画像入力手段10より得られる入力画像と物体モデル記憶部46より得られる物体モデルとを比較することにより照合を行う。

【0064】

具体的には、比較画像生成手段41は、物体モデルから照明条件などが入力画像に近い比較画像を生成する。鮮明度特徴抽出手段60は、生成された比較画像から鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を抽出する。加重相違度計算手段50は、入力画像と生成された比較画像の相違度に第1の鮮明度特徴量を加重した相違度を計算する。なお、判定手段54は、1対1照合の場合は、計算された相違度としきい値を比較して、同一物体であるか否かを判定する。一方、1対N照合の場合は、判定手段54は、計算された相違度の最も小さい物体モデルを選出する。

【0065】

次に、図10及び図11を参照して第3の実施の形態の1対1照合における全体の動作について詳細に説明する。

【0066】

まず、画像入力手段10により入力画像が得られる(図11のステップ100)。次に、比較画像生成手段41は、物体モデル C_k から入力画像に近い比較画像を生成する(ステップ121)。次に、鮮明度特徴抽出手段60は、比較画像から鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を抽出する(ステップ130)。加重相違度計算手段50は、入力画像と比較画像の相違度に第1の鮮明度特徴量を加重した相違度 $D_k = D^{(1)}_k$ を計算する(ステップ142)。最後に、判定手段54は、計算された相違度としきい値を比較して、同一物体であるか否かを判定する(ステップ165)。

【0067】

1対N照合の場合は、図4で説明した1対N照合における3次元物体モデルが物体モデルに代わることを除けば、ほぼ同じであるので説明は省略する。

【0068】

次に、第3の実施の形態の効果について説明する。

【0069】

第3の実施の形態では、第1の鮮明度特徴量を入力画像と比較画像の相違度計算に加重するように構成されている。このため、物体が合っていない場合には大きな相違度が生じやすくなり、高精度に照合ができる。

【0070】

次に、本発明の第4の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0071】

図12を参照して、本発明の第4の実施の形態は、画像入力手段10と、第2の鮮明度特徴抽出手段61と、物体モデル記憶部46と、照合手段23とから構成されている。照合手段23は、比較画像生成手段41と、鮮明度特徴抽出手段60と、加重相違度計算手段51と、判定手段54とを含む。

【0072】

第4の実施の形態は、第3の実施の形態と同様に、物体の姿勢変動が少ない場合の照合を考慮して、第2の実施の形態における姿勢候補決定手段30を省略した形態である。物体の姿勢変動が少ない場合の照合というのは、前述したように、例えば物体を正面から撮影した画像のみについて照合を行う場合である。

【0073】

画像入力手段10と、第2の鮮明度特徴抽出手段61と、加重相違度計算手段51は、図8で説明した第2の実施の形態における各部と同じ処理を実行する。一方、物体モデル記憶部46と、比較画像生成手段41と、鮮明度特徴抽出手段60は、図10で説明した第3の実施の形態における各部と同じ処理を実行する。

【0074】

次に、図12及び図13を参照して第4の実施の形態の1対1照合における全体の動作について詳細に説明する。

【0075】

まず、画像入力手段10により入力画像が得られる(図13のステップ100)。次に

、第2の鮮明度特徴抽出手段61は、入力画像から鮮明度を反映した第2の鮮明度特徴量を抽出する(ステップ101)。次に、比較画像生成手段41は、物体モデル C_k から入力画像に近い比較画像を生成する(ステップ121)。次に、鮮明度特徴抽出手段60は、生成された比較画像から鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を抽出する(ステップ130)。加重相違度計算手段51は、入力画像と生成された比較画像および入力画像の第2の鮮明度特徴量と比較画像の第1の鮮明度特徴量を用いた加重相違度 $D_k = D^{(2)}_k$ を計算する(ステップ143)。最後に、判定手段54は、計算された相違度としきい値を比較して、同一物体であるか否かを判定する(ステップ165)。

【0076】

1対N照合の場合は、図4で説明した1対N照合における3次元物体モデルが物体モデルに代わることを除けば、ほぼ同じであるので説明は省略する。

【0077】

次に、第4の実施の形態の効果について説明する。

【0078】

第4の実施の形態では、入力画像の第2の鮮明度特徴量と比較画像の第1の鮮明度特徴量の相違度を、入力画像と比較画像の相違度計算に加重するように構成されている。このため、物体が合っていない場合には大きな相違度が生じやすくなり、高精度に照合ができる。

【0079】

前述した第2および第4の実施の形態では、鮮明度特徴量は1次元の特徴量としたが、より高次の特徴量でもよい。例えば、エッジ画像を高次の鮮明度特徴量として、画素毎または小領域毎に鮮明度特徴量の相違度を求めても良い。また、画像が鮮明でない場合は特徴点も安定に抽出できないため、鮮明度を反映した鮮明度特徴量として特徴点を用いても良い。特徴点は、顔の場合、目・鼻・口などの位置が一般的であり、例えば非特許文献1に記載された顔特徴抽出方法などを用いて自動的に抽出できる。特徴点の相違度は、特徴点の座標値を特徴量として、ユークリッド距離等により計算できる。

【0080】

更に、いずれの実施の形態においても、抽出された特徴点数を鮮明度特徴量として用いても良い。

【0081】

いずれの実施の形態においても、物体モデルは予め記憶され、画像は画像入力手段から入力される。しかし、本発明は、画像を予め記憶しておき、物体モデルを入力手段を通して入力する場合にも適用可能である。本発明はまた、画像と物体モデルの双方を入力手段を通して入力する場合にも適用可能である。

【0082】

本発明による物体姿勢推定・照合システムは、構成要素である各手段の機能をハードウェア的に実現できることは勿論である。一方、上記各手段の機能をソフトウェア的に実現することもできる。これは、上記した各手段の機能を実行する物体姿勢推定・照合プログラム(アプリケーション)をコンピュータ処理装置のメモリにロードしておき、物体姿勢推定・照合プログラムに基いてコンピュータ処理装置を制御することで実現することができる。この物体姿勢推定・照合プログラムは、磁気ディスク、半導体メモリその他の記録媒体に格納され、その記録媒体からコンピュータ処理装置にロードされて、コンピュータ処理装置の動作を制御する。これにより、上述した各機能が実現される。これは、物体姿勢推定プログラム、物体姿勢照合プログラムについても同様である。

【図面の簡単な説明】

【0083】

【図1】本発明の第1の実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図2】第1の実施の形態の姿勢推定における動作を説明するためのフローチャート図である。

【図3】第1の実施の形態の1対1照合における動作を説明するためのフローチャート図である。

ト図である。

【図 4】第 1 の実施の形態の 1 対 N 照合における動作を説明するためのフローチャート図である。

【図 5】第 1 の実施の形態における 3 次元物体モデルの具体例を説明するための図である。

【図 6】第 1 の実施の形態における入力画像の具体例を説明するための図である。

【図 7】第 1 の実施の形態における比較画像の具体例を説明するための図である。

【図 8】本発明の第 2 の実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図 9】第 2 の実施の形態の姿勢推定における動作を説明するためのフローチャート図である。

【図 10】本発明の第 3 の実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図 11】第 3 の実施の形態の 1 対 1 照合における動作を説明するためのフローチャート図である。

【図 12】本発明の第 4 の実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図 13】第 4 の実施の形態の 1 対 1 照合における動作を説明するためのフローチャート図である。

【図 14】従来技術の構成を示すブロック図である。

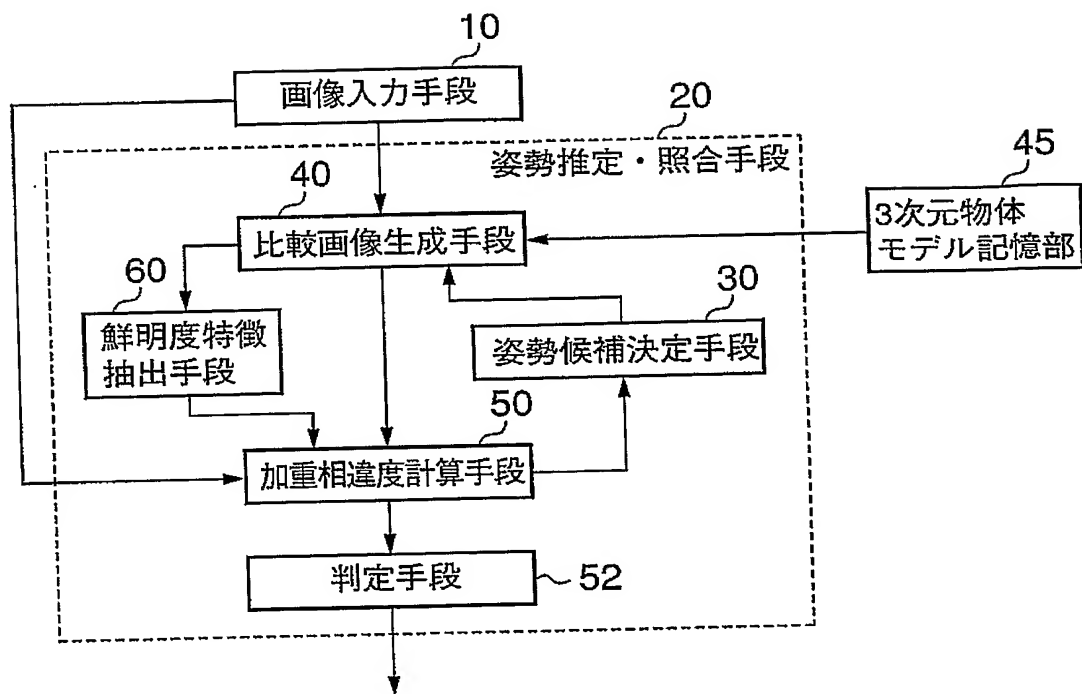
【符号の説明】

【0084】

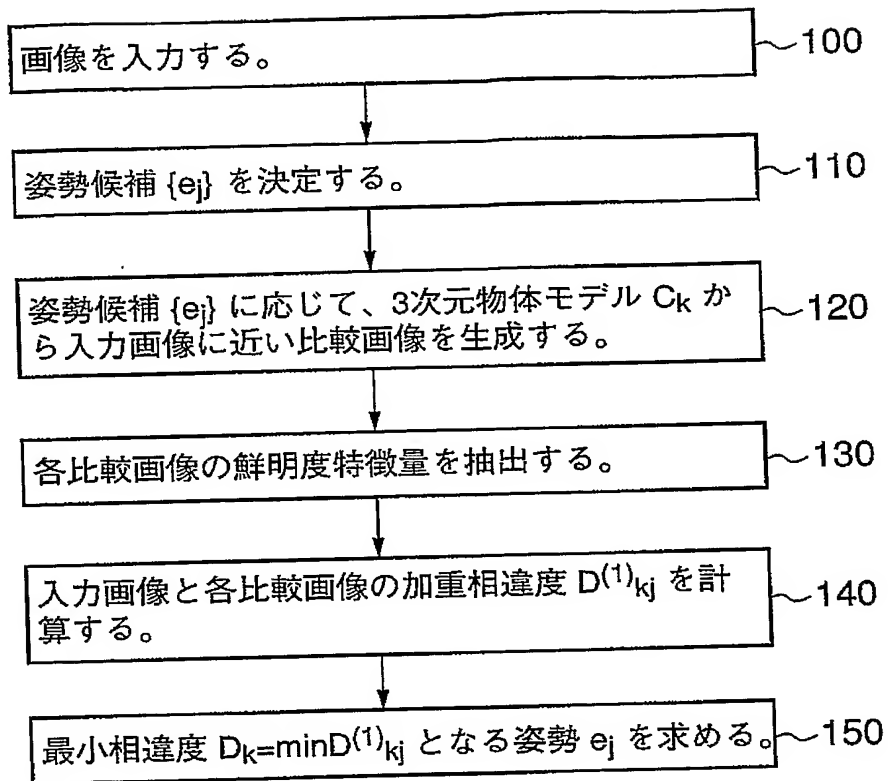
- 1 0 画像入力手段
- 2 0、2 1 姿勢推定・照合手段
- 2 2、2 3 照合手段
- 2 5 姿勢推定手段
- 3 0 姿勢候補決定手段
- 4 0、4 1 比較画像生成手段
- 4 5 3 次元物体モデル記憶部
- 4 6 物体モデル記憶部
- 5 0、5 1 加重相違度計算手段
- 5 2、5 4、5 6 判定手段
- 5 5 相違度計算手段
- 6 0 鮮明度特徴抽出手段
- 6 1 第 2 の鮮明度特徴抽出手段

【書類名】 図面

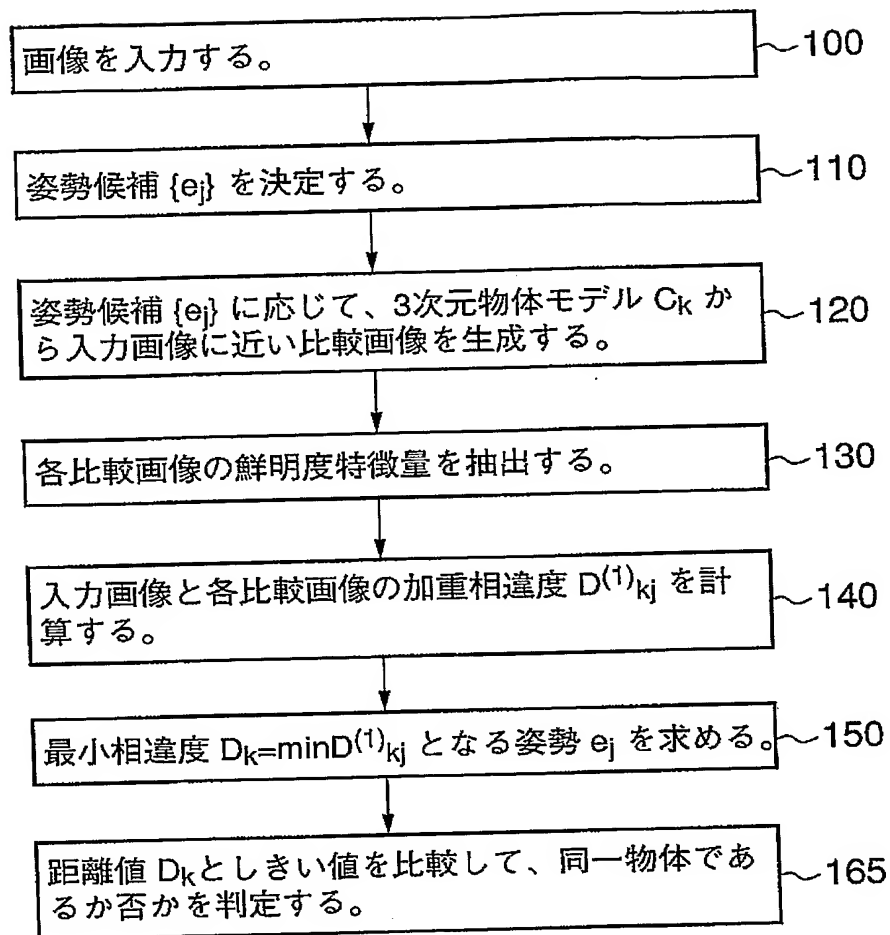
【図 1】



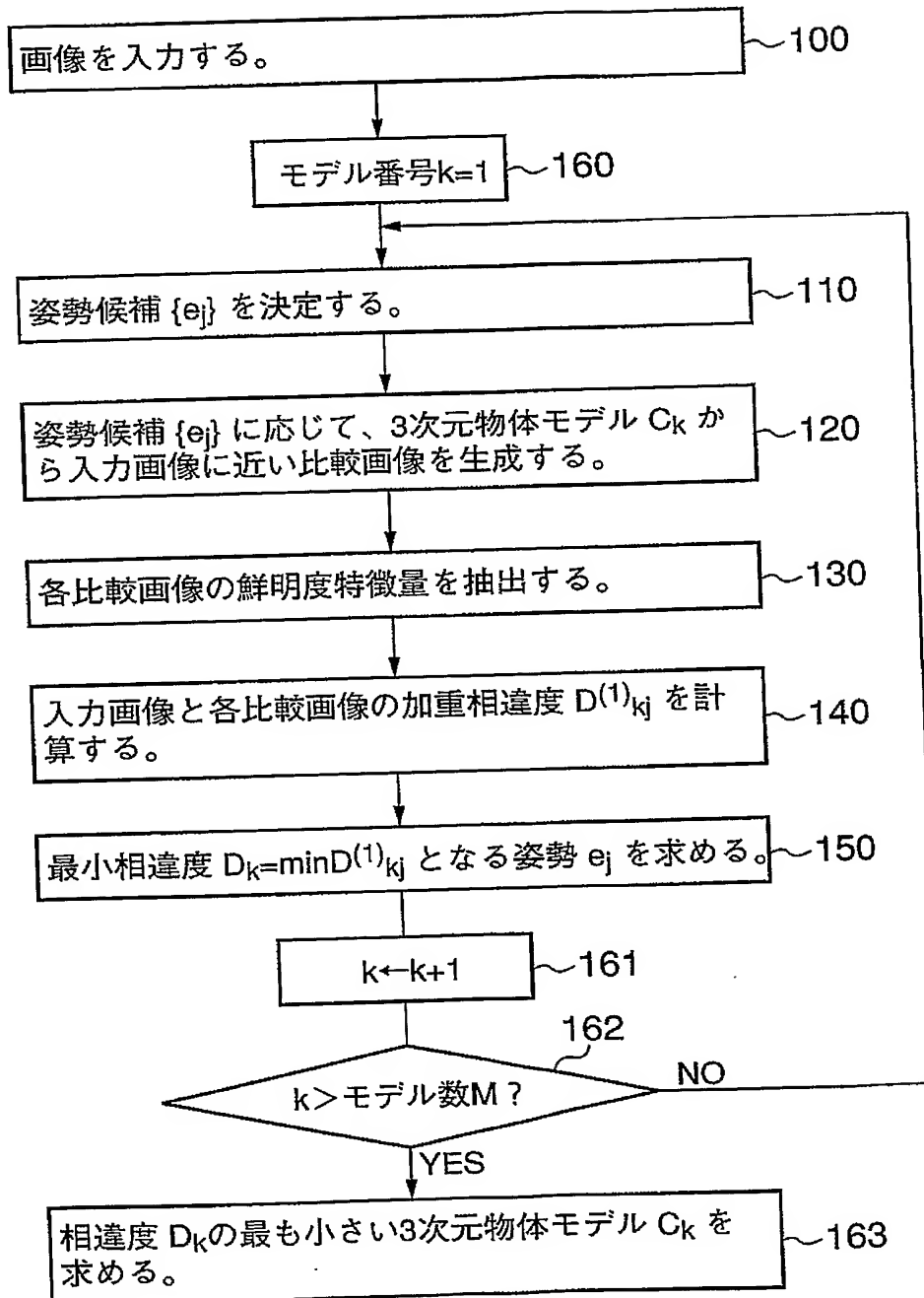
【図 2】



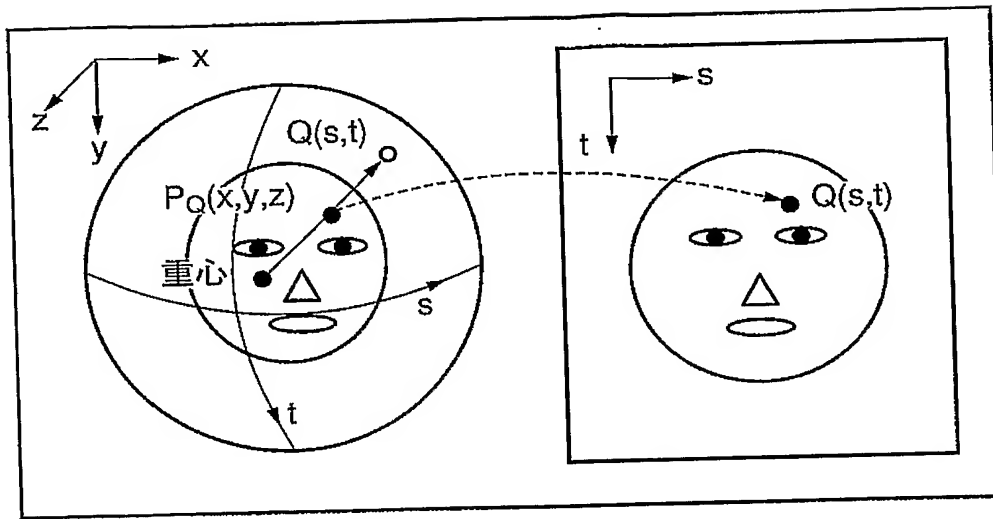
【図 3】



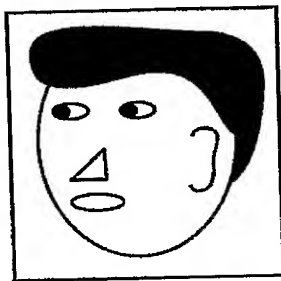
【図 4】



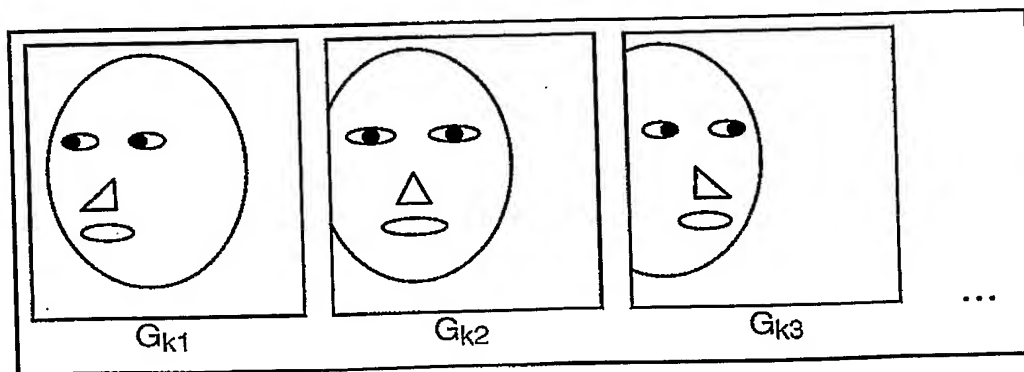
【図 5】



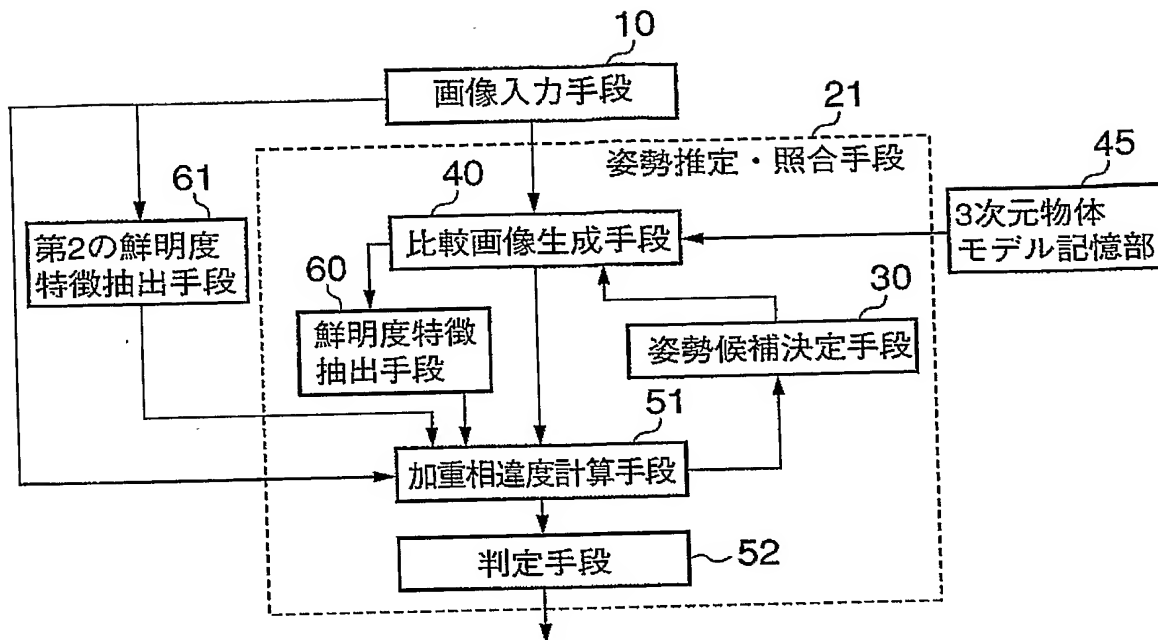
【図 6】



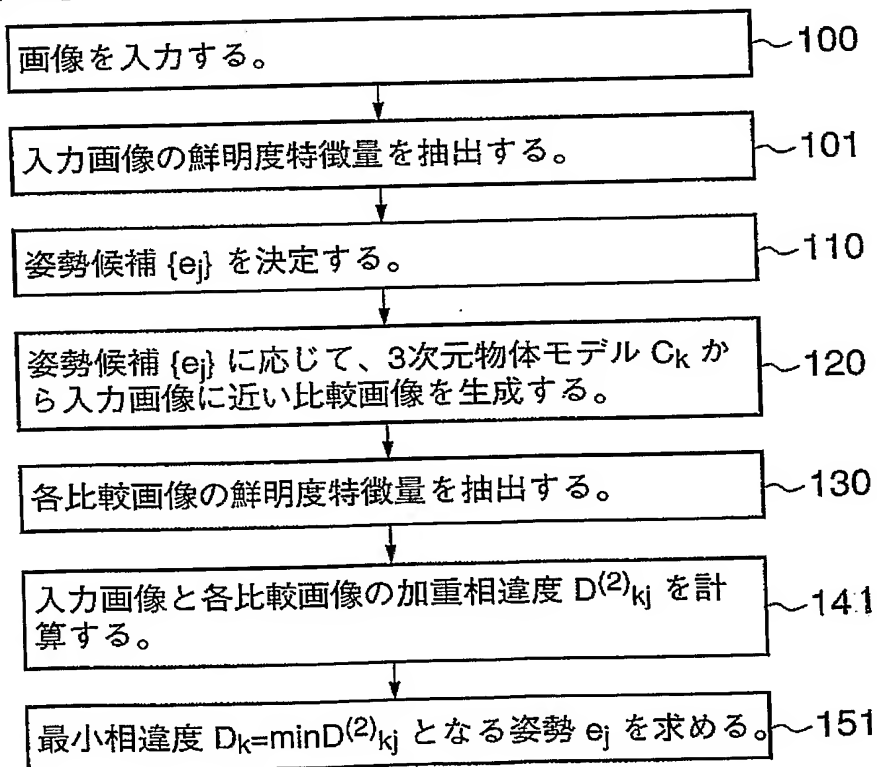
【図 7】



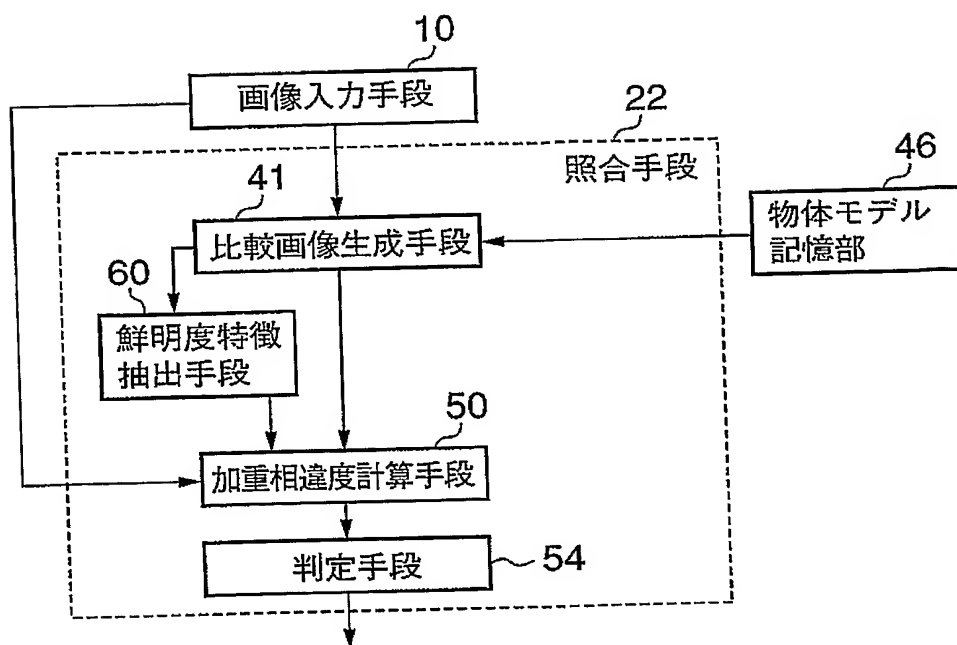
【図 8】



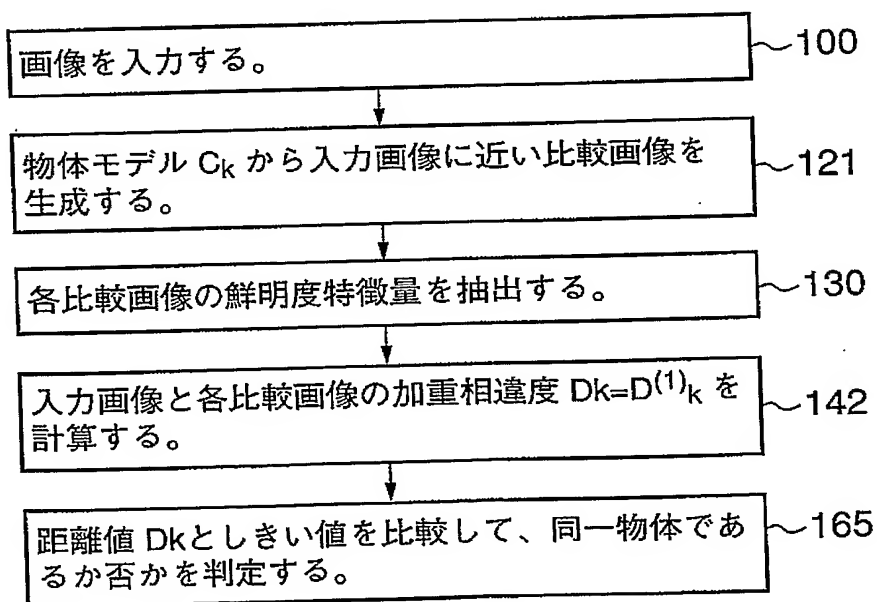
【図 9】



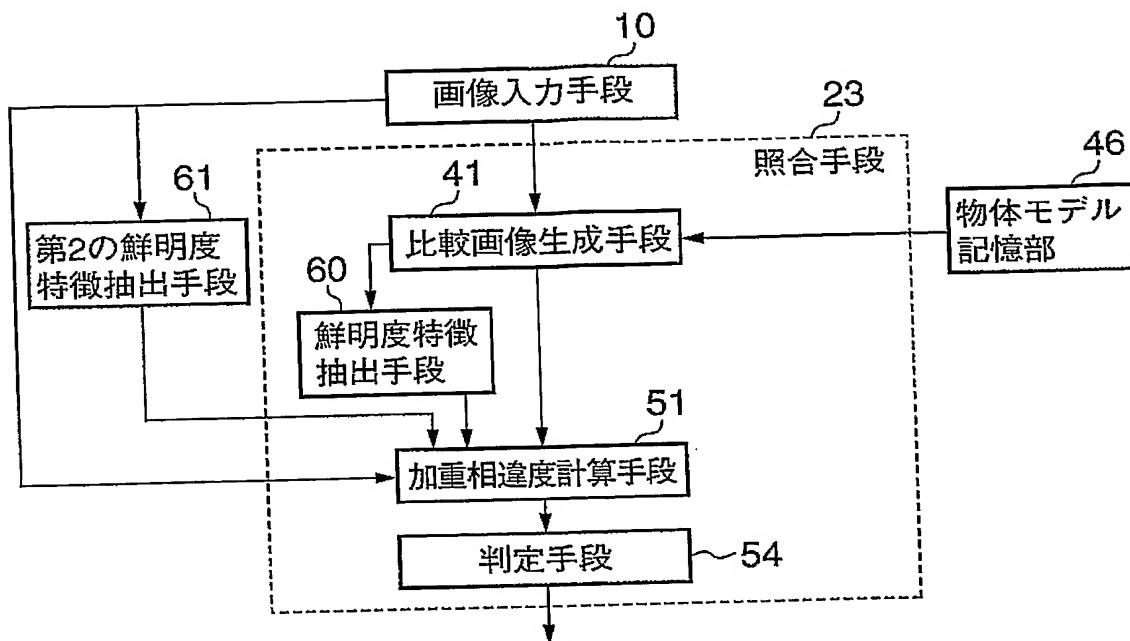
【図 10】



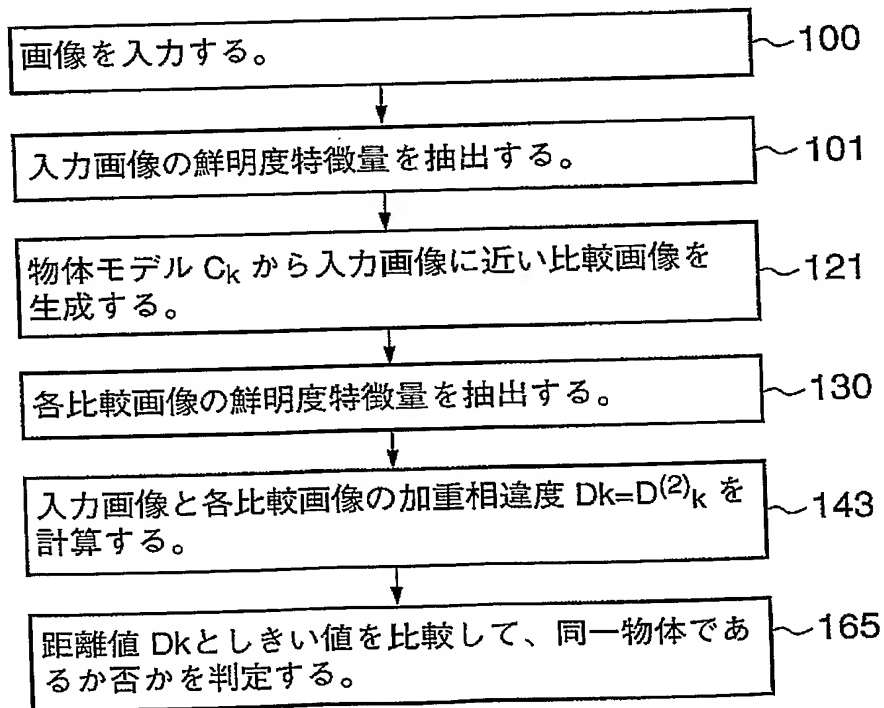
【図 11】



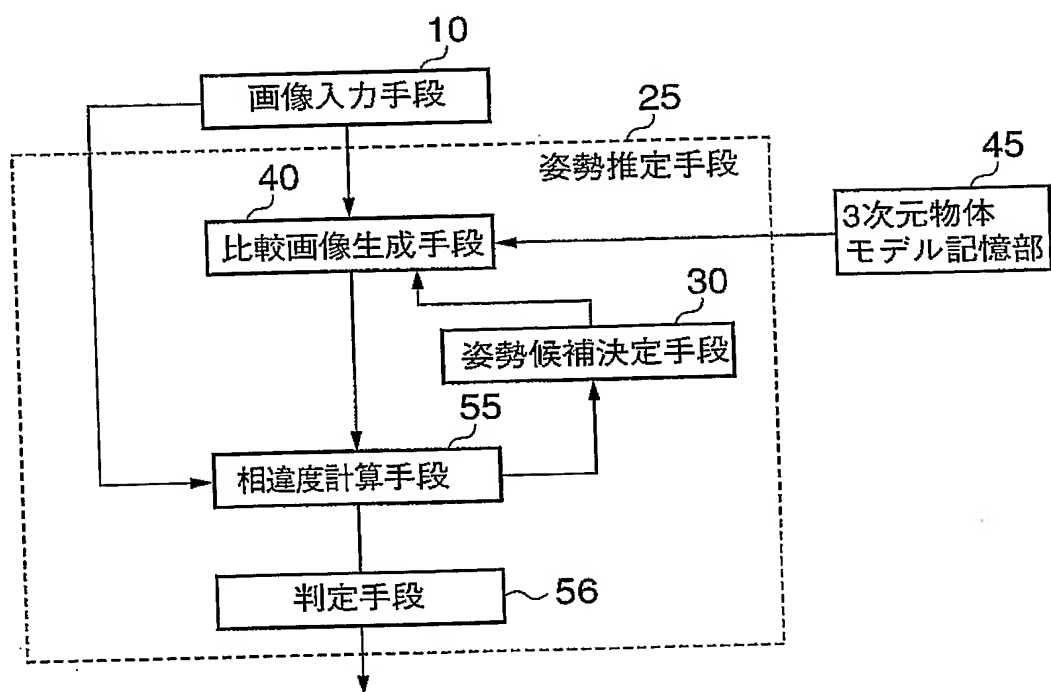
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 様々な姿勢や照明の条件下で撮影された物体の画像に対して、高精度で姿勢推定や照合を実現できるようにする。

【解決手段】 姿勢候補決定手段 30 は、姿勢候補群を決定する。比較画像生成手段 40 は、決定された姿勢候補に応じて、3次元物体モデル記憶部 45 より得られる3次元物体モデルを2次元の画像に射影しつつ入力画像に近い比較画像を生成する。鮮明度抽出手段 60 は、生成された比較画像から鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を抽出する。加重相違度計算手段 50 は、入力画像と比較画像の相違度に第1の鮮明度特徴量を加重した相違度を計算する。判定手段 52 は、入力画像に最も近い比較画像を選出することにより姿勢推定および照合を行う。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 4 - 0 5 9 5 3 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 3 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝五丁目7番1号

氏 名

日本電気株式会社